



UNIVERSIDAD MICHOACANA  
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

“CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA  
BAJÍO EN SAN LUIS DE LA PAZ, GTO.”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:  
JOEL SÁNCHEZ FARÍAS

ASESOR:  
M.A. RAMIRO SILVA OROZCO

MORELIA, MICHOACÁN

MARZO DEL 2018



## AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A MIS PADRES (QEPD)

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de los logros se los debo a ustedes, en los que incluyo este.

A MIS HERMANOS

Por lo que representan para mi y por ser parte importante de una hermosa familia unida.

A MI ESPOSA

Te agradezco por tu aporte para el desarrollo de mi tesis.

A LA CENTENARIA UMSNH

A todas las escuelas, en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y maestros

## RESUMEN

En el presente tema de CONSTRUCCIÓN DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA BAJÍO EN SAN LUIS DE LA PAZ GTO, nos muestra que en México la CFE no cuenta con la capacidad de generar la energía requerida, por lo cual, es necesario la construcción de plantas eléctricas por empresas privadas; esta central se construye con capital privado, la CFE supervisa todo el proceso constructivo y la energía generada se le vende a esta dependencia, en México existen varios tipo de plantas de energía eléctrica tales como, hidroeléctricas, geotérmicas, eólicas y nucleares; la central Bajío es una termoeléctrica de ciclo combinado, genera electricidad con turbinas de combustibles y turbinas de vapor, por lo que esta central trabaja con gas que es su combustible principal, el diesel es la segunda alternativa, por lo que cuenta con un tanque de almacenamiento, cuya capacidad es para 10 días de generación, en su equipamiento tiene unos filtros para bajar los niveles de contaminación y la termoeléctrica está compuesta por tres generadores de vapor por recuperación de calor, tres turbogeneradores de combustión, un generador de turbina de vapor, el aerocondensador y la planta de tratamiento de aguas negras, las cuales son proporcionadas por el sistema sanitario de alcantarillado de la Junta de Agua y Alcantarillado de San Luis de la Paz Guanajuato (JAPASP), esto se viene realizando por la gran cantidad de agua que se utiliza y se le recicla para su aprovechamiento, en la industria de la construcción es fundamental la administración, por lo que se trata de optimizar los recursos económicos y materiales, en esta construcción se llevaron controles estrictos en: excavación, cimbra, acero, concreto, embebidos, tubería, instalaciones eléctricas y montajes, en la industria de la construcción, hay muchos accidentes, y en esta central se le dio mucha importancia a la seguridad tratando de que todos los trabajos se hicieran con seguridad.

Palabras clave: turbina, termoeléctrica, seguridad, electricidad, vapor

## ABSTRACT

This work topic is about of the CONSTRUCTION OF THE BAJÍO THERMAL POWER PLANT IN SAN LUIS DE LA PAZ GTO. It shows that in Mexico, the CFE does not have the capacity to generate the required energy; therefore, it is necessary to build power plants by private companies. This Plant is built with private capital, the CFE supervises all construction process and the energy generated is sold to this dependence. In Mexico there are several types of electric power plants such as hydroelectric, geothermal, wind and nuclear; the Bajío power plant is a combined cycle thermoelectric plant, which generates electricity with fuel turbines and steam turbines, this plant works with gas, which is its main fuel, diesel is the second alternative, it has a storage tank which capacity generates energy for 10 days, in its equipment it has filters to lower the levels of pollution and the thermoelectric is composed of three steam generators for heat recovery, three combustion turbogenerators, a steam turbine generator, the aerocondenser and the sewage treatment plant which are provided by the sanitary sewer system of the Water and Sewerage Board of San Luis de la Paz Guanajuato (JAPASP). this is being done by the large amount of water that is used and recycled for its use, In the construction industry, administration is essential, so it is about optimizing the economic and material resources, it took strict controls in this construction in: excavation, formwork, steel, concrete, embedded, pipe, electrical installations and assemblies, in the industry of the construction there are many accidents and in this plant security was given a lot of importance trying to make sure all jobs were done safely.

Keywords: turbine, thermoelectric, security, electricity, steam.

## ÍNDICE

CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN	1
I.1.- ANTECEDENTES	4
I.1-1 ¿QUE ES UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE CICLO COMBINADO?	4
I.2.- JUSTIFICACIÓN	6
CAPÍTULO II.- PROYECTO ARQUITECTÓNICO	7
II.1.- GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR	15
II.2.- TURBOGENERADOR DE COMBUSTIÓN.	24
II.3.- GENERADOR DE TURBINA DE VAPOR	32
II.4.- AEROCONDENSADOR	41
II.5.- TRATAMIENTO DE AGUA	52
CAPÍTULO III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO	60
III.1.- EXCAVACIÓN	61
III.2.- CIMBRA	72
III.3.- ACERO	81
III.4.- CONCRETO	85
III.5.- EMBEBIDOS	97
CAPÍTULO IV.- SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN	100
CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES.	110
BIBLIOGRAFÍA	111

---

## CAPÍTULO I.- INTRODUCCIÓN

La generación de energía eléctrica inició en México a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil “La Americana”.

La energía eléctrica se produce en los aparatos llamados generadores o alternadores.

Una central eléctrica es una instalación capaz de convertir la energía mecánica, obtenida mediante otras fuentes de energía primaria, en energía eléctrica.

Las diferentes formas de producir energía eléctrica es por:

Centrales Hidroeléctricas.

Fueron las primeras centrales eléctricas que se construyeron. Las centrales hidroeléctricas o hidráulicas se construyen en los cauces de los ríos, en zonas donde el caudal de agua en movimiento es suficientemente abundante y continuo, para poder aprovechar la fuerza gravitacional de un salto o el fluir del agua.

Centrales Térmicas.

Centrales Nucleares.

Una central nuclear es una central térmica. La diferencia fundamental entre las centrales térmicas nucleares y las térmicas clásicas reside en la fuente energética utilizada. En las primeras, el uranio y en las segundas, la energía de los combustibles fósiles.

---

## Centrales Solares

Una central solar es aquella instalación en la que se aprovecha la radiación solar para producir energía eléctrica.

## Centrales Eólicas

Una central eólica es una instalación en donde la energía cinética del viento se puede transformar en energía eléctrica

## Centrales Geotérmicas.

Una central geotérmica es la que aprovecha el calor interno producido por la tierra para producir energía eléctrica.

## Centrales Mareomotrices

La energía mareomotriz es la energía asociada a las mareas provocadas por la atracción gravitatoria del sol y principalmente de la luna.

La demanda por energía eléctrica está creciendo en México muy rápido y la electricidad que se produce no es suficiente.

La generación de energía eléctrica en México se realiza por medio de todas las tecnologías disponibles en la actualidad desde las tradicionales centrales hidroeléctricas y termoeléctricas hasta modernas plantas de energía solar, eólicas y nucleares

La tecnología del ciclo combinado surgió hace 30 años su innovación más reciente es que en vez de utilizar torres de enfriamiento para la conversión de vapor de agua, usan el aerocondensador, con lo que se evitan pérdidas de

---

gas natural, en la generación de energía logran que las emisiones de contaminantes a la atmósfera se reduzcan al máximo, además de que los niveles de ruido estimados en la periferia no rebasan los máximos permisibles establecidos en el reglamento para la protección del ambiente contra la contaminación orgánica por el emisión de ruido.

---

## **I.1.- ANTECEDENTES**

### **I.1.-1 ¿QUE ES UNA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE CICLO COMBINADO?**

Genera electricidad usando gas natural como combustible; la técnica de ciclo combinado para producir energía funciona de la siguiente manera: en la primera etapa del proceso el gas natural es quemado en las turbinas de gas para generar electricidad. El calor producido en la primera etapa será aprovechado para generar vapor, el cual impulsará una turbina adicional.

El sistema de generación de energía eléctrica estará conformado por tres turbinas de gas con sus respectivos generadores de electricidad tres recuperadores de calor para producción de vapor, una turbina de vapor con respectivo generador de electricidad y un sistema de enfriamiento en seco.

La planta tiene una capacidad de 600,000 kw por hora aproximadamente, cada casa utiliza 0.14 kw cada hora, lo que significa que la central produce energía para más de 40 millones de casas por hora.

Esta planta fue construida en el año de 2000 en el kilómetro 83.5 de la carretera 57 México-Monterrey. La central termoeléctrica es construida con capital privado. La planta es administrada por CFE para su distribución en el país.

En la fotografía I.1 se aprecia la central termoeléctrica vista de la carretera 57, se ve el aerocondensador y las tres turbinas de gas



Fotografía I.1

---

## I.2.- JUSTIFICACIÓN

Debido a que la Comisión Federal de Electricidad no tiene la infraestructura para producir suficiente energía, el sector privado puede producir plantas y vender la energía que produzca a CFE de esta forma se puede tener suficiente energía para todo el País, si no se construyen plantas de energía eléctricas ahora, dentro de pocos años ya no va a haber en México suficiente energía para todos los habitantes, por eso es importantes construir las plantas de energía. La tabla I.1 muestra los tipos de plantas en México.

<b>Tipo de planta generadora</b>	<b>Utiliza</b>	<b>Número de plantas en México</b>	<b>% de participación en la producción nacional</b>
Hidroeléctricas	Fuerza del agua	12	30.4
Termoeléctrica	Combustión de hidrocarburos (petróleo, gas y diesel)	22	55.6
Carboeléctrica	Combustión de carbón mineral	2	7.2
Nucleoeléctrica	Uranio (material radioactivo)	1	3.8
Geotérmica	Vapor del subsuelo	2	2.6
Eoloeléctrica	Fuerza del viento	2	0.2

Tabla I.1

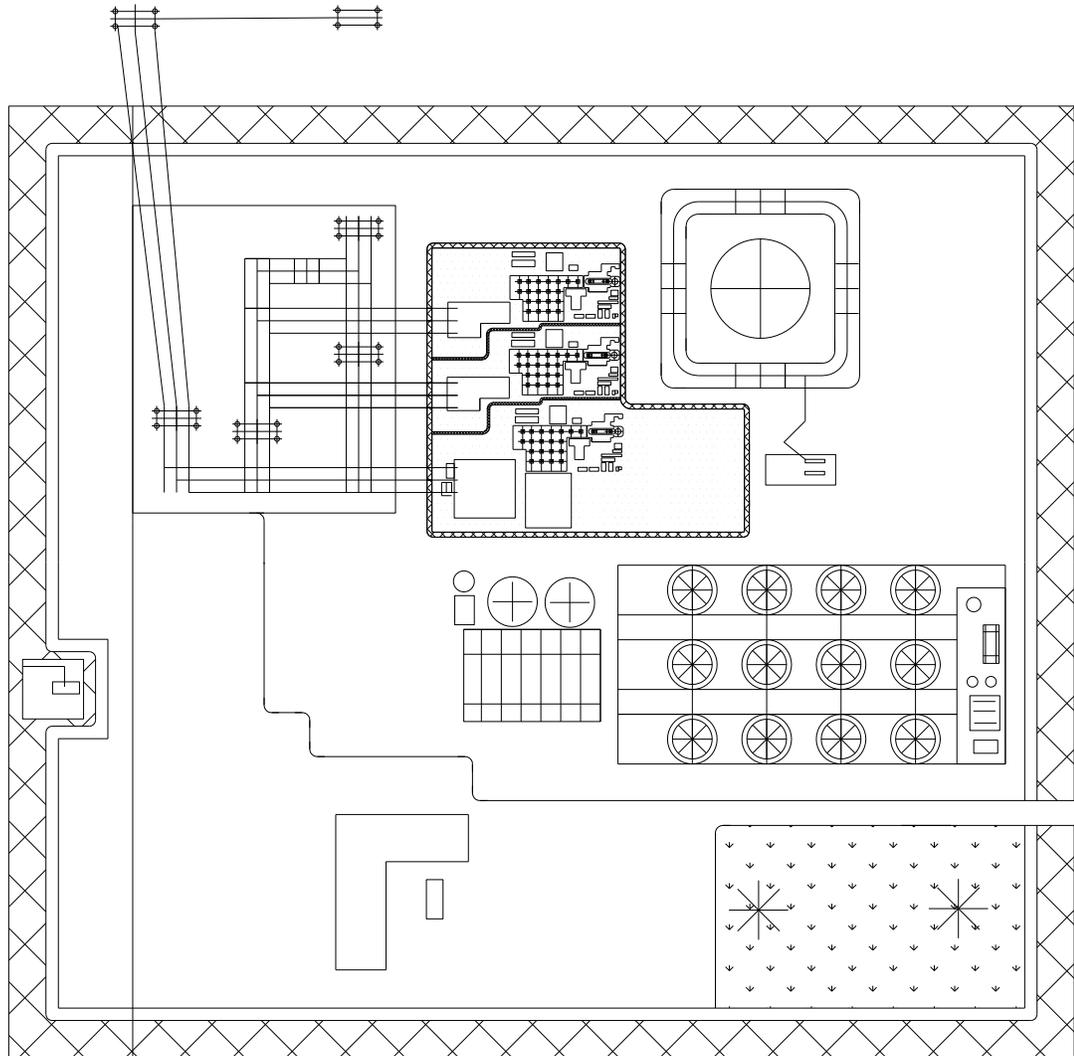
---

## CAPÍTULO II.- PROYECTO ARQUITECTÓNICO

La termoeléctrica se compone de las siguientes áreas:

- Generador de Vapor por Recuperación de Calor
- Turbogenerador de Combustión
- Generador de turbina de vapor
- Aerocondensador
- Planta de tratamiento

En la plano II.1 se muestra la planta de la central **Termoeléctrica Bajío de San Luis de la Paz, Gto.** Se ve el acomodo de cada área que compone la central, incluida una subestación eléctrica.



Plano II.1

---

Se le denomina bloque de fuerza al conjunto compuesto por:

Generador de vapor por recuperación de calor ( 1A, 1B y 1C)

Turbogenerador de combustión (1A, 1B y 1C)

Generador de turbina de vapor

En la figura II.1 se aprecia el bloque de fuerza. En este conjunto es donde se genera la energía eléctrica por ser los impulsores.

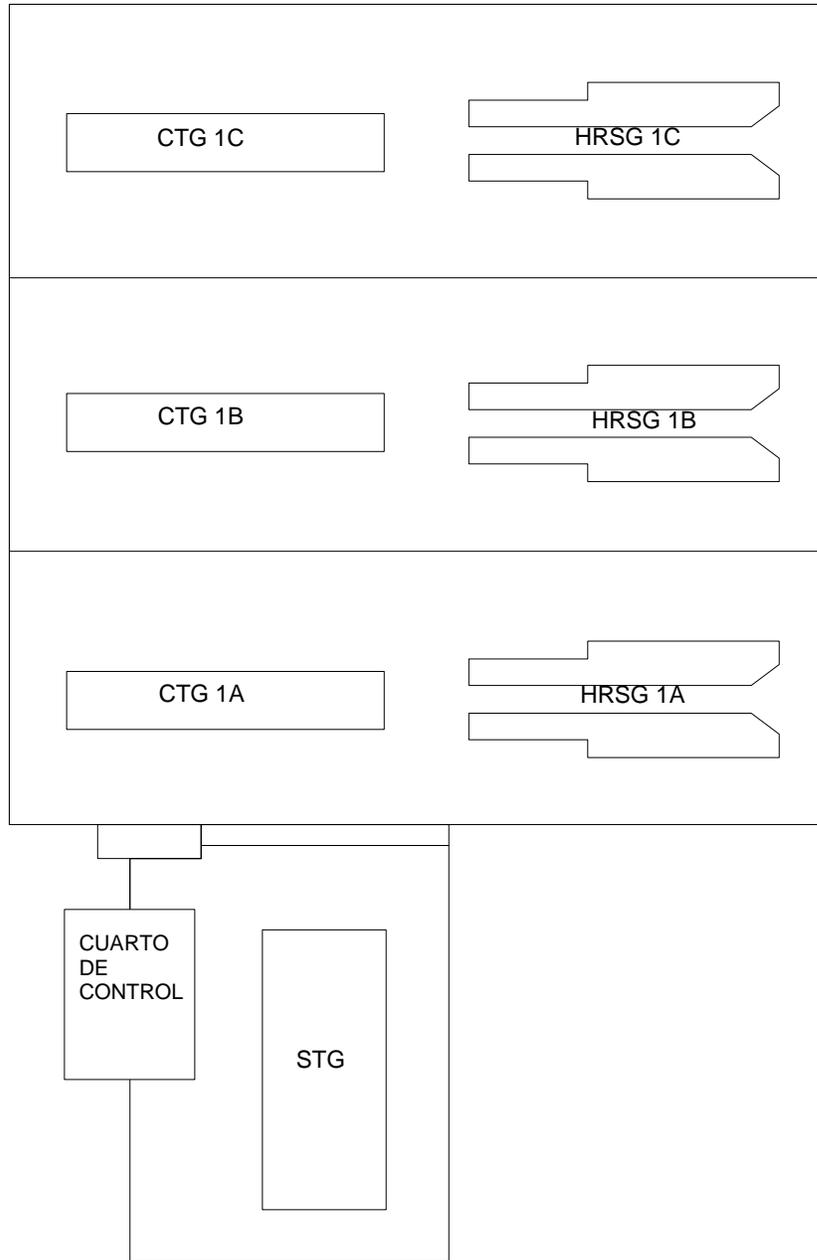


Figura II.1

---

En la industria de la construcción pesada se requiere maquinaria (grúas) cuadrillas de maniobrista; para la instalación y movimiento de estructuras, la construcción de esta termoeléctrica se utilizaron las siguientes grúas:

- 10 GROVE entre 15 y 40 toneladas
- 3 LINK BELT de 80 a 150 toneladas
- 1 LIEBHERR con una capacidad de 600 toneladas

En los levantamientos de los diferentes materiales o equipos se usan eslingas, grilletes y estrobos. Las eslingas son de varias medidas y se utilizan según los kilos por mover.

En las fotografías II.1 se aprecia la maniobra de armado de grúas, ya que estas por su tamaño llegan en partes a la obra.



Fotografía II.1

---

En la fotografía II.2 están armando la grúa liebherr se ven maniobras de la pluma es la de mayor capacidad en esta obra.



Fotografía II.2

La fotografía II.3 la grúa liebherr realiza maniobras de montaje en CTG 1A, tiene una capacidad para cargar de 600 toneladas.



Fotografía II.3

La fotografía II.4 se ve el panorama de varias grúas trabajando en los HRSG



Fotografía II.4

En las obras de construcción pesada para realizar los movimientos de equipo y materiales se requiere un operador de grúa, con su maniobristas ambos tendrán conocimientos de las señales requeridas para tener una buena comunicación.

---

En la figura II.2 se ven los códigos de señales para las maniobras es la comunicación entre operador de la grúa y maniobrista.

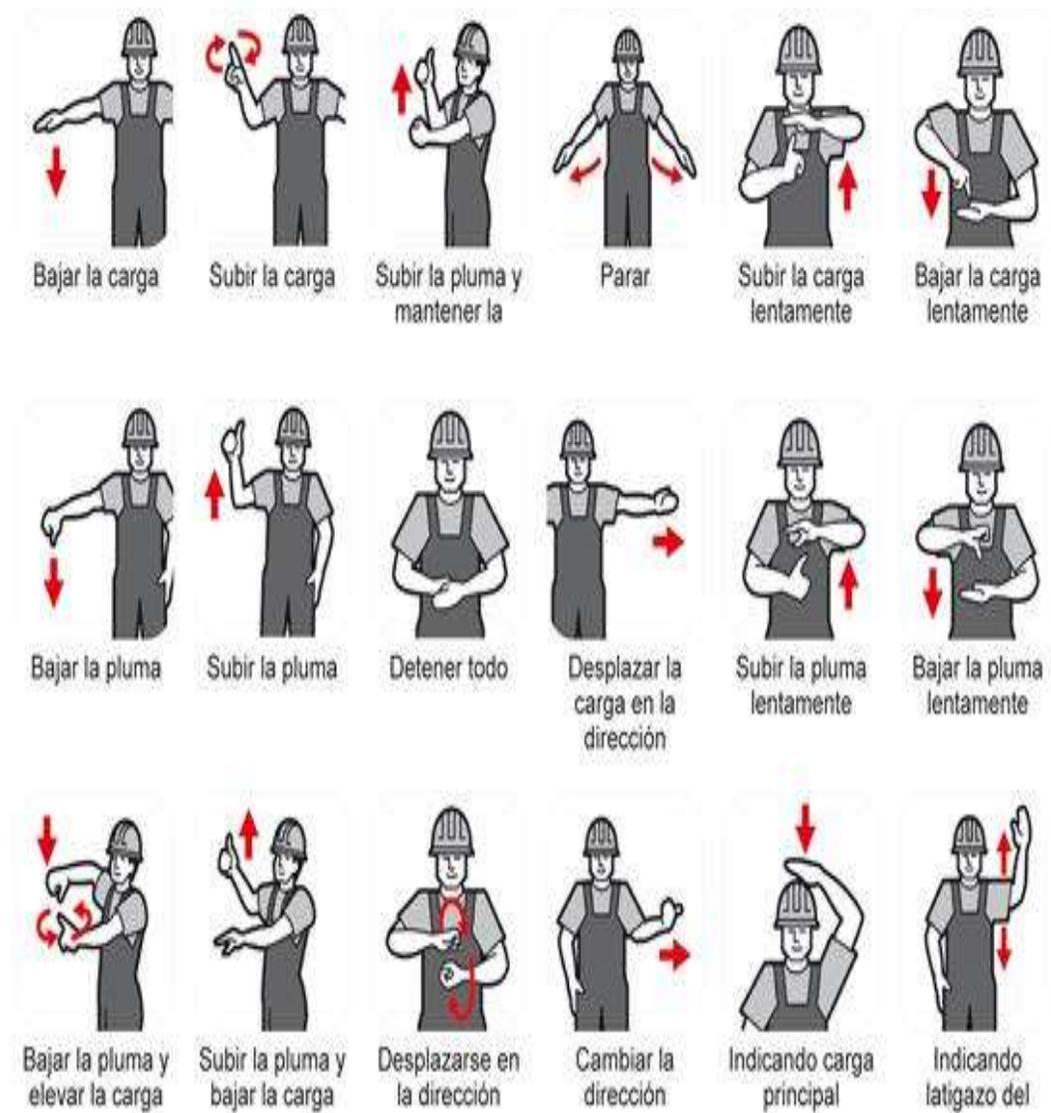


Figura II.2

---

## **II.1.- GENERADOR DE VAPOR POR RECUPERACIÓN DE CALOR**

Un generador de vapor para recuperación de calor (HRSG) es un intercambiador de calor diseñado para capturar el calor a la salida de los generadores de fuerza motriz en plantas de generación de energía, tales como las turbinas de gas o los grandes motores recíprocos. En este artículo revisamos los últimos avances tecnológicos, las opciones de diseño y los beneficios que pueden obtenerse aplicando esta tecnología. Los generadores de vapor para recuperación de calor pueden usarse para obtener vapor y utilizarlo en diferentes aplicaciones de la industria de procesos. Si no se necesita el vapor, puede utilizarse para generar electricidad utilizando una turbina de vapor. Usado en cogeneración, la tecnología HRSG puede ayudar a aumentar la eficiencia de la planta a un 85-90 %, obteniendo asimismo beneficios medioambientales destacables. Si bien existen varios modelos constructivos, la tecnología HRSG consiste esencialmente en series de tubos montados en la trayectoria de salida de los gases de escape. Los gases circulan junto a los tubos a temperaturas de 430-650 °C y calientan el agua que circula por su interior. HRSG absorbe el calor principalmente por convección, aunque en algunas secciones de los tubos también se absorbe por radiación. El agua de los tubos se calienta a temperaturas del entorno de los 200 °C, por lo cual es fácil obtener vapor.

Los sistemas HRSG son grandes y complejos, y su diseño, fabricación e instalación no es una tarea sencilla. El tamaño de las grandes turbinas de gas excede los límites permitidos para el transporte por carretera, por lo que se suministran en secciones modulares que son ensambladas en la planta.

La caldera de recuperación de calor o HRSG (heat recovery steam generator) en un ciclo combinado es el elemento encargado de aprovechar la energía de los gases de escape de la turbina de gas transformándola en vapor. Con posterioridad, ese vapor puede transformarse en electricidad por una turbina de gas, ser utilizado en procesos industriales o en sistemas de calefacción.

---

Las calderas de recuperación de calor pueden clasificarse en calderas con o sin postcombustión y en calderas horizontales o verticales y también por el número de veces que el agua pasa a través de la caldera conocida como OTSG (One Time Steam Generator). La central termoeléctrica tiene tres generadores de vapor por recuperación de calor los cuales se les llamara 1A, 1B y 1C.

En la fotografía II.5 se aprecia la cimentación de los generadores por recuperación de calor, HRSG 1A se inician rellenos para la preparación de fosas y soportes de tuberías.



Fotografía II.5

La fotografía II.6 ya se está formando el generador por recuperación de vapor, se están colocando las paredes de las unidades 1A y 1B



Fotografía II-6

La fotografía II.7 inicia el levantamiento de un serpentín de hrsg.



Fotografía II.7

La fotografía II.8 Continúa el levantamiento de un serpentín de hrsg.



Fotografía II.8

En la fotografía II.9 Ya se ve en su posición el serpentín en el generador de vapor por recuperación de calor.



Fotografía II.9

---

En este momento solamente consideramos tres tipos secciones de serpentín, evaporador, sobre calentador y economizador.

#### Sección del evaporador

El componente más importante de este equipo es la sección del evaporado, donde una sección puede consistir en uno o más serpentines. En estos serpentines, el agua de efluentes que pasa a través de los tubos se calienta al punto de saturación por la presión que está fluyendo

#### Sección del recalentador

La sección del recalentador del HRSG se usa para secar el vapor saturado que se separa en el colector de vapor. La sección del sobre calentador normalmente se localiza en el chorro de gas más caliente, frente al evaporador.

#### Sección del economizador

La sección del economizador, a veces llamado precalentador, se utiliza para precalentar el agua de alimentación que se introduce en el sistema para reemplazar el vapor que se extrae del sistema vía el recalentador o salida de vapor y la pérdida de agua en el purgado.

En la fotografía Il.10. Se está realizando la maniobra de levantamiento de la segunda sección de la chimenea de la unidad 1A, se usan dos grúas para la maniobra.



Fotografía II.10

La fotografía II.11 Continúa el levantamiento de la chimenea.



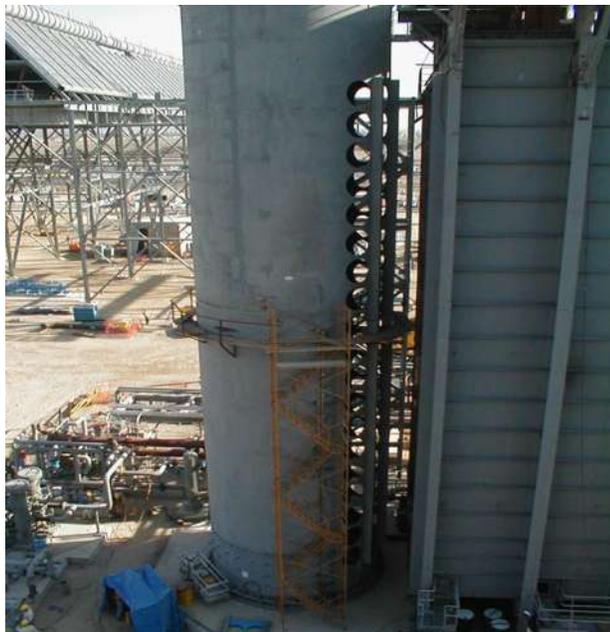
Fotografía II.11

En la fotografía II.12 Se aprecia ya instalada la chimenea de la unidad 1<sup>a</sup>.



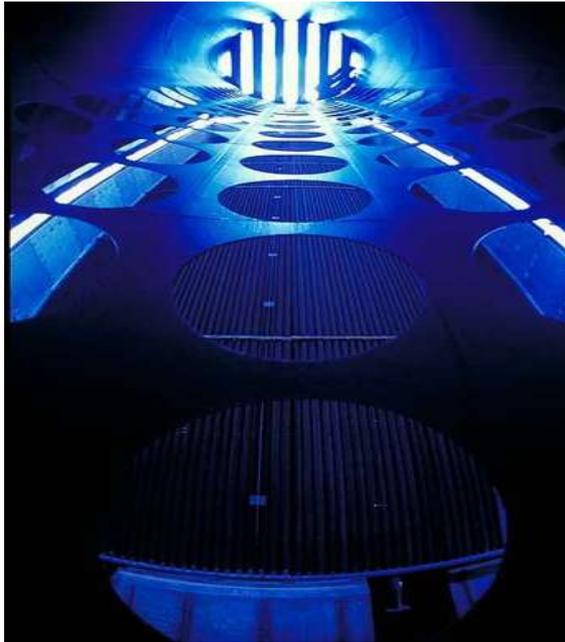
Fotografía II.12

En la fotografía II.13 se ve un acercamiento de la unión chimenea con la caldera de la unidad 1A.



Fotografía II.13

En la fotografía II.14 Del interior de la chimenea se aprecia el serpentín de la caldera de la unidad 1A.



Fotografía II.14

Fotografía II.15 Perfil del generador de vapor por recuperación de calor es el HRSG (1A, 1B y 1C) por las siglas en ingles.



Fotografía II.15

Fotografía II.16 Vista de los tres generadores terminados ya están conectados entre ellos.



Fotografía II.16

Fotografía II.17 Generador de la unidad 1A ya está funcionando, se ven las tres unidades.



Fotografía II.17

---

## **II.2.- TURBOGENERADOR DE COMBUSTIÓN.**

Desarrollados para su utilización en Centrales Termoeléctricas, los turbogeneradores de las líneas ST20 y ST40 poseen una amplia gama de potencias, las cuales se han definido en base a la experiencia de WEG en la parametrización y suministro de turbogeneradores, pudiendo ser aplicados tanto en turbinas a vapor como en turbinas a gas.

Las instalaciones incluirán tres Turbogeneradores de Gas (TGG's) General Electric tipo Combustible-Dual, cada uno proveerá la descarga, de gases a su respectivo Generador de Vapor por Recuperación de Calor (HRSG). El vapor de los tres recuperadores de calor, alimentará a un Turbogenerador de Vapor (TGV).

Una turbina de gas, es una turbo máquina motora, cuyo fluido de trabajo es un gas. Como la compresibilidad de los gases no puede ser despreciada, las turbinas de gas son turbo máquinas térmicas. Comúnmente se habla de las turbinas de gas por separado de las turbinas ya que, aunque funcionan con sustancias en estado gaseoso, sus características de diseño son diferentes, y, cuando en estos términos se habla de gases, no se espera un posible cambio de fase, en cambio cuando se habla de vapores sí.

Las turbinas de gas serán de marco avanzado, tipo industrial para servicio pesado y diseñada para instalación a la intemperie. El combustible primario será gas natural y como combustible alterno el diesel.

En la fotografía II.18 Se inician los trabajos de terracería de los turbogenerador de gas CTG (siglas en ingles).



Fotografía II.18

En la fotografía II.19 Se ve ya la cimbra y armado estructural de la cimentación.



Fotografía II.19

En la fotografía II.20 Ya está colada la cimentación lista para la instalación del equipo.



Fotografía II.20

La fotografía II.21 Se inicia el levantamiento del turbo para su  
Instalación.



Fotografía II.21

Fotografía II.22 Continúa la maniobra de la colocación del turbo.



Fotografía II.22

La fotografía II.23 Ya está en dirección de la instalación en su posición el turbo.



Fotografía II.23

En la fotografía II.24 Ya está instalado el turbo en su posición.



Fotografía II.24

En la fotografía II.25 Se inicia levantamiento del generador para su colocación en el pedestal.



Fotografía II.25

---

En la fotografía II.26 Continúa la maniobra de colocación del generador.



Fotografía II.26

En la fotografía II.27 El generador ya está en su pedestal.



---

Fotografía II.27

En la fotografía II.28 Se aprecia la estructura del CTG para instalación de la casa de filtro



Fotografía II.28

En la fotografía II.29 Se ve el perfil terminado de HRSG Y CTG



---

Fotografía II.29

En la fotografía II.30 Se aprecian los tres CTG cubiertos por sus casas de filtros.



Fotografía II.30

---

### II.3.- GENERADOR DE TURBINA DE VAPOR

La turbina de vapor será de recalentamiento, de descarga inferior, de diseño tipo condensación para su instalación a la intemperie. Esta consistirá en una carcasa para manejar vapor de alta presión y de presión intermedia y cubierta de doble flujo de baja presión.

Las turbinas están constituidas por tres elementos principales el cuerpo del rotor, que contiene las coronas giratorias; la mitad inferior del carter y la mitad superior, ambas conteniendo las coronas fijas. Todos los materiales deben poder soportar presiones y temperaturas. El árbol de rotor se construye generalmente de acero forjado y las paletas están fresadas de bloques macizos de acero. Las turbinas trabajan alta presión y temperatura, donde se producen diversas pérdidas especialmente en los ejes y en el escape, debido a su alta velocidad el sistema de lubricación de las mismas es muy importante. De otro lado tenemos la refrigeración, mediante sistemas cerrados, refrigerados por serpentinas de agua.

La turbina se compone de tres partes principales:

- El cuerpo del rotor, que contiene las coronas giratorias de alabes.
- La carcasa, conteniendo las coronas fijas de toberas.
- Alabes.

Además, tiene una serie de elementos estructurales, mecánicos y auxiliares, como son cojinetes, válvulas de regulación, sistema de lubricación, sistema de refrigeración, virador, sistema de control, sistema de extracción de vahos, de aceite de control y sistema de sellado del vapor.

---

El rotor de una turbina de acción es de acero fundido con ciertas cantidades de níquel o cromo para darle tenacidad al rotor, y es de diámetro aproximadamente uniforme. Normalmente las ruedas donde se colocan los alabes se acoplan en caliente al rotor. También se pueden fabricar haciendo de una sola pieza forjada al rotor, maquinando las ranuras necesarias para colocar los alabes.

Los alabes se realizan de aceros inoxidables, aleaciones de cromo-hierro, con las curvaturas de diseño según los ángulos de salida de vapor y las velocidades necesarias. Son críticas las últimas etapas por la posibilidad de existencia de partículas de agua que erosionarían a los alabes. Por ello se fija una cinta de metal satélite soldado con soldadura de plata en el borde de ataque de cada alabe para retardar la erosión.

La carcasa se divide en dos partes: la parte inferior, unida a la bancada y la parte superior, desmontable para el acceso al rotor. Ambas contienen las coronas fijas de toberas o alabes fijos. Las carcasas se realizan de hierro, acero o de aleaciones de este, dependiendo de la temperatura de trabajo, obviamente las partes de la carcasa de la parte de alta presión son de materiales más resistentes que en la parte del escape. La humedad máxima debe ser de un 10% para las últimas etapas.

Normalmente se encuentra recubierta por una manta aislante que disminuye la radiación de calor al exterior, evitando que el vapor se enfríe y pierda energía disminuyendo el rendimiento de la turbina. Esta manta aislante suele estar recubierta de una tela impermeable que evita su degradación y permite desmontarla con mayor facilidad.

Alabes.

---

Los alabes fijos y móviles se colocan en ranuras alrededor del rotor y carcasa. Los alabes se pueden asegurar solos o en grupos, fijándolos a su posición por medio de un pequeño seguro, en forma perno, o mediante remaches. Los extremos de los alabes se fijan en un anillo donde se remachan, y los más largos a menudo se amarran entre si con alambres o barras en uno o dos lugares intermedios, para darles rigidez

Válvula de regulación.

Regula el caudal de entrada a la turbina, siendo de los elementos más importantes de la turbina de vapor. Es accionada hidráulicamente con la ayuda de un grupo de presión de aceite (aceite de control) o neumáticamente. Forma parte de dos lazos de control: el lazo que controla la velocidad de la turbina y el lazo que controla la carga o potencia de la turbina.

En la fotografía II.31 Se ve el armado de acero para la cimentación de la turbina de vapor, el diámetro de la varilla es de una pulgada un cuarto.



Fotografía II.31

---

La fotografía II.32 Ya está colada la cimentación, se están armando las 8 columnas.



Fotografía II.32

En la siguiente fotografía II.33 Está colándose el pedestal de la turbina de vapor.



Fotografía II.33

---

La fotografía II.34 Se está construyendo el edificio de la turbina de vapor.



Fotografía II.34

En la fotografía II.35 Está terminándose la losa del edificio.



Fotografía II.35

---

La fotografía II.36 Ya se instaló la grúa viajera la cual será usada para reparaciones futuras.



Fotografía II.36

En la fotografía II.37 Se inicia el levantamiento del generador de la turbina de vapor.



Fotografía II.37

---

La fotografía II.38 Ya está instalado el generador en su pedestal.



Fotografía II.38

La fotografía II.39 Se ve el generador con parte de la carcasa de la turbina.



Fotografía II.39

---

En la fotografía II.40 Se inician los movimientos para la instalación del Rotor de la turbina ya se utiliza la grúa viajera.



Fotografía II.40

En la fotografía II.41 El rotor casi se instala en la carcasa.



Fotografía II.41

---

En la fotografía II.42 Ya está instalado el generador y la turbina de vapor en el pedestal.



Fotografía II.42

En la fotografía II.43 Ya se terminó la instalación de la turbina de vapor (STG) siglas en ingles.



Fotografía II.43

---

#### II.4.- AEROCONDENSADOR

El condensador principal será de una presión, dos etapas, enfriado por aire con ventiladores axiales. El condensador será equipado con un eyector inducción y dos juegos de eyectores propios para mantener el vacío.

Estos equipos son intercambiadores de calor en los que se utiliza como fluido refrigerante aire atmosférico en lugar de agua u otro refrigerante líquido. Los aerocondensadores están formados por un haz de tubos aleteados, lo que favorece la transferencia de calor, por los que circulan los vapores a condensar. A través del haz de tubos se hace circular una corriente de aire atmosférico impulsado por ventiladores, de modo que se produce el enfriamiento y la condensación de los vapores a costa del calentamiento del aire.

Este tipo condensadores son ventajosos en aquellas plantas donde haya limitaciones en la disponibilidad de agua de refrigeración. Además hacen innecesario un circuito de recuperación del agua con todo lo que ello implica: bombas, torres de refrigeración, tratamiento del agua, etc. Aunque para una misma capacidad de refrigeración es necesaria una mayor cantidad de agua que de aire, no se produce contaminación, por lo que son equipos limpios y seguros.

Un condensador es un intercambiador térmico, en cual se pretende que el fluido que lo recorre cambie a fase líquida desde su fase gaseosa mediante el intercambio de calor (cesión de calor al exterior, que se pierde sin posibilidad de aprovechamiento) con otro medio.

La condensación se puede producir bien utilizando aire mediante el uso de un ventilador (aerocondensadores) o con agua (esta última suele ser en circuito semicerrado con torre de refrigeración, o en circuito abierto proveniente de un

---

río o del mar). El tipo de condensador más empleado en centrales termoeléctricas es el que utiliza agua como fluido refrigerante, que además utiliza un circuito semiabierto de refrigeración con una torre evaporativa como sumidero del calor latente de vaporización.

Los aerocondensadores se utilizan cuando no se dispone de agua suficiente para alimentar una torre evaporativa. Aunque son más caros y provocan en el ciclo agua-vapor una pérdida de rendimiento, se utilizan cuando no existe otra posibilidad para condensar el vapor.

El propósito del condensador termodinámico es provocar el cambio de estado del vapor a la salida de la turbina para así obtener máxima eficiencia e igualmente obtener el vapor condensado en forma de agua pura de regreso al tren de generación de vapor.

Las razones para condensar el vapor son tres:

- Se aprovecha el vapor a la salida de la turbina, cerrando el ciclo del agua
- Se reduce la presión a la salida, incluso por debajo de la atmosférica, con lo que el salto de presión es mayor y por lo tanto el rendimiento y la potencia de la turbina aumentan
- El posterior aumento de presión del fluido puede realizarse en una bomba hidráulica, con un consumo energético menor que si se realiza en una caldera o en un compresor

Adicionalmente, el condensador recibe los siguientes flujos:

- Las purgas de los calentadores y otros elementos, que una vez enfriadas son incorporadas al circuito de condensado.

- 
- El aire que procede de entradas furtivas en los diversos elementos del ciclo agua-vapor, a través de los cierres de la turbina de vapor o con el agua de reposición al ciclo. Éste debe ser extraído y enviado al exterior mediante eyectores o bombas de vacío.
  - El vapor procedente del escape de la turbo-bomba de agua de alimentación si la hay en la instalación.
  - El vapor de los bypass de las turbinas, que en determinados modos de operación transitorios (arranques, paradas, disparos, cambios bruscos de carga) conducen directamente al condensador todo el vapor generador en la caldera una vez atemperado.
  - El agua de aportación al ciclo para reponer las purgas, fundamentalmente la purga continua. Esta agua es desmineralizada y proviene del tanque de reserva de condensado.

Las condiciones en el interior del condensador son de saturación, es decir, está a la presión de saturación correspondiente a la temperatura de condensación del vapor. Esta presión es siempre inferior a la atmosférica, es decir, se puede hablar de vacío.

---

La figura II.3. Muestra la planta de la cimentación del aerocondensador.

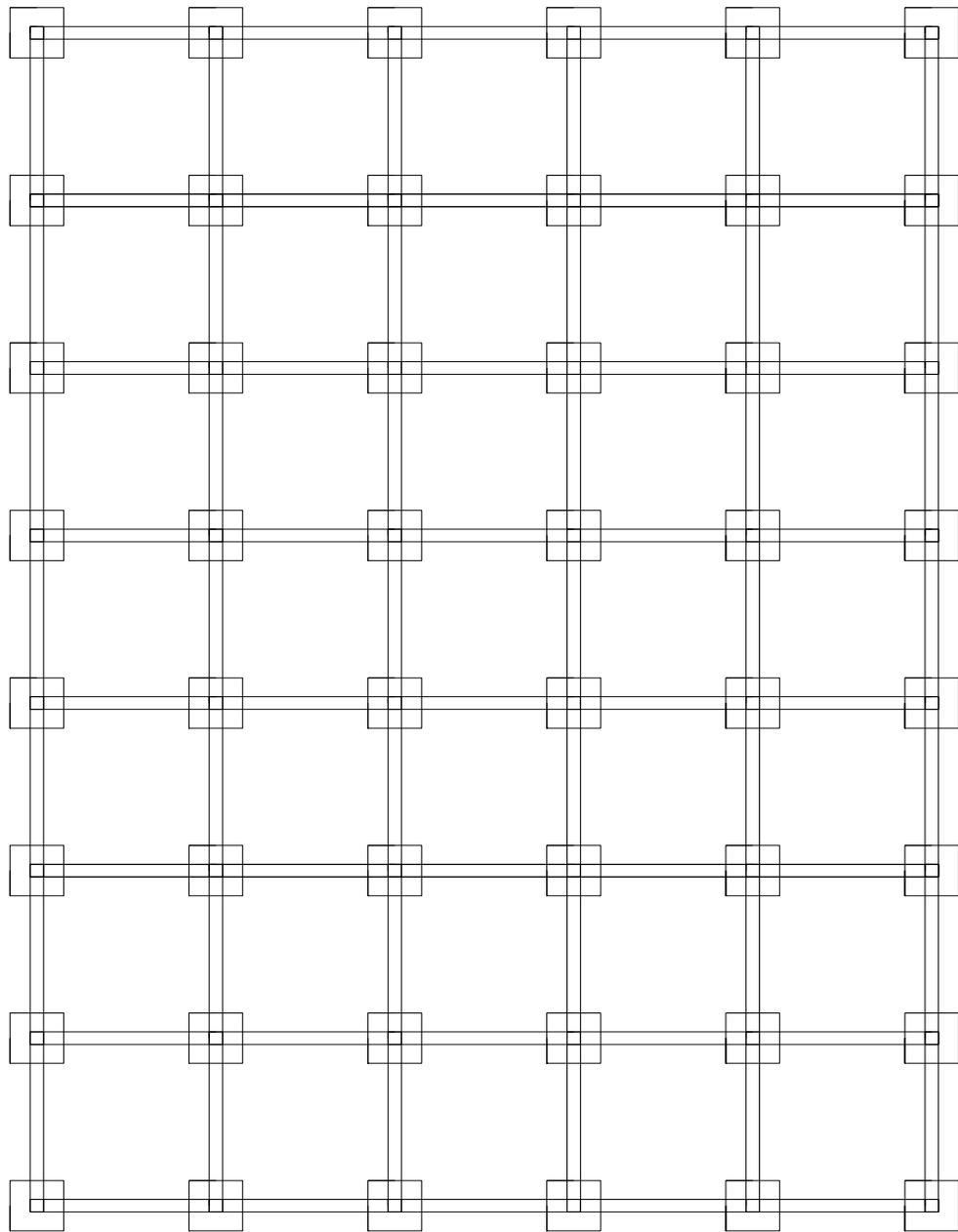


Figura II.3

---

La fotografía II.44 Muestra algunas zapatas ya coladas del ACC.



Fotografía II.44

En la fotografía II.45 Se está trabajando en la instalación de la estructura.



Fotografía II.45

---

En la fotografía II.46 Ya se están instalando las bases para los ventiladores.



Fotografía II.46

En la fotografía II.47 Se ve ya la instalación de ventiladores.



Fotografía II.47

---

La fotografía II.48 Se ve la colocación de los ductos superiores.



Fotografía II.48

En la fotografía II.49 Se ven ductos superiores ya colocados.



Fotografía II.49

---

La fotografía II.50 Muestra ya terminada la instalación de los ventiladores y ductos superiores por concluir.



Fotografía II.50

En la fotografía II.51 se ve ya terminada la instalación de los ductos superiores.



Fotografía II.51

---

La fotografía II.52. Ya está instalado el ducto inferior del ACC.



Fotografía II.52

En la fotografía II.53 Se están instalando los ductos verticales.



Fotografía II.53

---

En la fotografía II.54 Ya están instalados los ductos verticales.



Fotografía II.54

La fotografía II.55 Se ve la colocación de las paredes de lámina



Fotografía II.55

---

En la fotografía II.56 se aprecia el Aerocondensador terminado.



Fotografía II.56

---

## II.5.- TRATAMIENTO DE AGUA

Las aguas se obtendrán sin tratamiento del sistema sanitario de alcantarillado de la Junta Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de San Luis de la Paz, Guanajuato (JAPASP).

Con ello son aprovechadas las aguas negras o residuales que una vez tratadas viajan por un ductos hasta la central donde son sometidas a procesos de desmineralización para ser usadas en el ciclo de vapor.

La planta de tratamiento se compone por una losa de cubierta donde se establecerán filtros y controles, una fosa de agua clarificada, fosa de desechos de retro lavado, tanque de agua gris, fosa de desperdicios químicos fosa de osmosis inversa de lodos de desechos, fosa de desechos, tanque clarificador, tanques de ácido y sosa cáustica, bomba y tanque espesador de lodos, casa de bombas de agua incendio, fosa para aguas de lluvias.

En la fotografía II.57 Se está armando la losa de cubierta.



Fotografía II.57

---

La fotografía II.58 Muestra la instalación del equipo, en el área de la losa de cubierta.



Fotografía II.58

En la fotografía II.59 Se está construyendo el tanque de almacenamiento de agua desmineralizada.



Fotografía II.59

---

La fotografía II.60 Muestra los tanques de almacenamiento de agua de repuesto y contra incendio.



Fotografía II.60

En la fotografía II.61 El tanque de almacenamiento de agua desmineralizada está prácticamente terminado.



Fotografía II.61

---

En la fotografía II.62 Se ve el tanque de almacenamiento de agua de repuesto y contra incendio con el cuarto de bombas.



Fotografía II.62

En la fotografía II.63 Se aprecia la planta de tratamiento de agua en su proceso constructivo



Fotografía II.63

---

En la fotografía II.64 Ya se terminó el tanque de almacenamiento de agua desmineralizada y de repuesto y contra incendio.



Fotografía II.64

La fotografía II.65 Vista del área de la losa de cubierta.



Fotografía II.65

---

La fotografía II.66 Vista del área de la losa de cubierta iluminada.



Fotografía II.66

La planta termoeléctrica cuenta con un tanque de almacenamiento de combustible alternativo (diesel), su capacidad es para operación de 10 días continuos al 100 %.

---

En la fotografía II.67 Se ve el dique de protección del tanque.



Fotografía II.67

La fotografía II.68 Se aprecia la construcción del tanque de almacenamiento de diesel.



Fotografía II.68

---

En la fotografía II.69 El tanque ya está terminado.



Fotografía II.69

En la fotografía II.70 se ve la subestación (Las Delicias) esta se localiza atrás del bloque de fuerza. (HRSG, CTG Y STG).



Fotografía II.70

---

### **CAPÍTULO III.- PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO**

Cuando escuchamos hablar de la administración de empresas, inmediatamente lo relacionamos con la contabilidad de la misma o del manejo de números y dinero, pero estamos muy lejos de imaginar la realidad tan sencilla de la aplicación del concepto administrativo, para explicar mejor el tema hago la siguiente descripción:

La administración es optimizar los recursos para lograr un objetivo.

Optimizar es aprovechar al máximo todos los recursos necesarios para lograr un objetivo o meta.

En toda la línea de producción encontraremos 3 elementos importantes que son:

- **RECURSOS FINANCIEROS:-** Es el dinero con lo que dispone la empresa para lograr las metas y objetivos.
  
- **RECURSOS HUMANOS:-** Si la empresa cuenta con recursos humanos financieros suficientes, los recursos humanos que ejecutarán los trabajos serán calificados y con una amplia experiencia para el desarrollo de los mismos.
  
- **RECURSOS MATERIALES:-** Estos son las materias primas, herramientas, equipo de trabajo, vehículos, maquinaria menor y mayor.

---

### **III.1.- EXCAVACIÓN**

Se entenderá por excavación al proceso de excavar y retirar volúmenes de tierra u otros materiales para la conformación de espacios donde serán alojados cimentaciones, tanques de agua, hormigones, mamposterías y secciones correspondientes a sistemas hidráulicos o sanitarios según planos de proyecto.

La excavación se realizará en forma manual o con maquinaria de acuerdo al tipo de suelo.

La excavación será ejecutada de acuerdo a las dimensiones, cotas, niveles y pendientes indicados en los planos del proyecto.

Los materiales producto de la excavación serán dispuestos temporalmente a los costados de la excavación, de forma que no interfiera en los trabajos que se realizan.

Cuando en la excavación se presenta un nivel freático muy elevado, se deberá prever el equipo de bombeo.

Cuando la altura de excavación es mayor a 2.0 m, deberán utilizarse entibados para evitar posibles deslizamientos de las paredes de la excavación.

Existen diferentes tipos de excavación:

Excavación común.

Se realizará en terrenos blandos, cuando la profundidad de excavación no supere los 2.0 m. La excavación y desalojo del material será realizada manualmente sin el uso de maquinaria.

Excavación en terreno semi-duro.

---

Este tipo de excavación puede ser ejecutado manualmente o mediante el uso de maquinaria. Se aconseja la utilización de maquinaria con la finalidad de ahorrar tiempo y dinero

Excavación en terreno duro.

Cuando el terreno es del tipo de roca suelta, roca fija o tepetates muy consolidados, la excavación se realiza por medio de explosivos, los cuales desintegran las capas resistentes y facilitan el trabajo de las máquinas para la carga y transporte de los materiales. Como explosivos se usan generalmente la pólvora negra y las diversas clases de dinamita, siendo la primera usada generalmente para la excavación en terrenos semi-duros, y la segunda, en sus diversas clases, para la explotación de bancos de roca fija

Excavación en roca.

Será necesario un estudio previo de suelos para determinar su posterior ejecución con maquinaria. Se define como roca aquel material que cumpla simultáneamente las siguientes condiciones: - Que su volumen exceda 0,35 m<sup>3</sup>. - Que la dureza y textura sean tales que no pueda extraerse por métodos diferentes a voladuras o por trabajo manual efectuado por medio de fracturas y cuñas posteriores. Los cortes o excavaciones por medio de voladuras se ejecutarán destapando suficientemente las rocas que van a ser fracturadas para conocer su tamaño, forma, dureza, localización de grietas y así orientar adecuadamente las perforaciones, de acuerdo con los estudios que se tengan para evitar los perjuicios que puedan ocasionarse en zonas aledañas a la voladura. Las perforaciones se harán del diámetro, dirección y profundidad técnicamente requeridas para que al colocar y activar las cargas debidamente calculadas y controladas, se logre el máximo rendimiento en la "quema" con el mínimo de riesgos. Para proteger las personas, las estructuras adyacentes y las vecindades, la zona de voladura se cubrirá con tablones, redes o mallas

---

que impidan el lanzamiento de partículas menores fuera de la zona que se desea controlar.

#### Excavación con traspaleo.

Cuando la altura de excavación es mayor a 2.0 m, esta será ejecutada por traspaleo, que consta en conformar alturas menores a 2.0 m para retirar el material excavado en dos tiempos, ya que el alcance vertical máximo del retiro manual es de 2.0 m.

#### Excavación con agotamiento y entibamiento.

Cuando en la excavación se presenta nivel freático de agua muy elevado se deberá prever equipo de bombeo para evacuar el agua, lo que generalmente se llama excavación con agotamiento.

- Banco de préstamo.

Los materiales o agregados que forman un banco de préstamo son los volúmenes adicionales a los volúmenes provenientes de la excavación y explanación y requeridos para la construcción de los terraplenes y para la provisión de materiales para la conformación de capa de sub-base, base e incluso para hormigones

- Tiradero.

Un área generalmente cerca del sitio de trabajo en donde los suelos ó rocas excavados, no deseados o no necesarios, pueden ser

---

## Relleno.

En algunos casos estos rellenos sirven de base o asiento, y en otros, para la conformación de superficies como áreas verdes, terrazas, jardines, etc. El tipo de material que se emplee, y el grado de compacidad requerido, dependerá del uso que se dará al relleno. Cuando se quiera que un relleno tenga un grado de compacidad elevado, y una estabilidad de volumen permanente, se emplea un relleno estabilizado.

Los materiales que se usan para el relleno, pueden ser tomados del propio lugar de la obra, o lejanos a la obra, Generalmente estos materiales deben ser calizo, o con un contenido muy bajo de arcilla (entre un 5 o 10%), a fin de lograr su estabilización mediante una compactación simple. En casos especiales como los campos deportivos, se emplean materiales dosificados con arena y arcilla a fin de lograr una superficie de pavimento resistente a la intemperie, pero que sea suave al paso y con buena capacidad filtrante.

### Relleno con Arena

Si se rellena con arena, la misma debe ser limpia o de mezcla arenoso gravosas; los materiales se extienden por tongadas sucesivas, dándole el espesor que permitan los medios de compactación utilizados. Se humectarán las capas si fuera necesario para lograr una compactación correcta. Los rellenos estructurales constituyen una mejora de terreno, en donde se sustituye un terreno de deficientes condiciones geotécnicas o se mejora mediante el aporte de materiales controlados y compactados, para que posteriormente apoyen sobre ellos las cimentaciones de los edificios.

### Relleno con Grava

Si se rellena con grava, no se requiere compactación, por las características

---

---

mismas del material; en lo posible los camiones vierten directamente sobre el sector a rellenar, si no es posible acercarse al camión, se realiza con una pala cargadora....

### Relleno de Zanjas

En caso de rellenos de zanjas para instalaciones, se realiza del mismo modo que con arenas seleccionadas. Se inicia el relleno con una cama de apoyo para la tubería, la misma puede ser de hormigón o granular; con un espesor que varía de acuerdo al diámetro del tubo. Ya instalada en su lugar la tubería, se rellena parcialmente la zanja dejando a la vista las juntas y uniones para las pruebas que deban hacerse. Luego se completa el relleno prestando mucha atención en el momento de la compactación de los rellenos, tratando de evitar cualquier daño o movimiento a la tubería.

La tabla III.1. Se ven volúmenes de excavación y relleno por zonas de la central.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
<i>HRSG EXCAVACION</i>	<i>M3</i>	3408
<i>HRSG RELLENO</i>	<i>M3</i>	2733
<i>CTG EXCAVACION</i>	<i>M3</i>	2407
<i>CTG RELLENO</i>	<i>M3</i>	1986
<i>STG EXCAVACION</i>	<i>M3</i>	2141
<i>STG RELLENO</i>	<i>M3</i>	883
<i>ACC EXCAVACION</i>	<i>M3</i>	4564
<i>ACC RELLENO</i>	<i>M3</i>	3153
PLANTA TRATAMIENTO EXCAVACION	M3	18317
PLANTA TRATAMIENTO RELLENO	M3	14084

Tabla III.1

---

## PERMISOS PARA EXCAVACIÓN

Para toda excavación se tendrá que tramitar un permiso, lo tienen que autorizar los de ingeniería de cada disciplina. El sistema de permisos de excavación proporciona un método de asegurar una revisión sistemática de todos los aspectos de una excavación propuesta por todas las partes involucradas.

Todas las actividades de excavación en el sitio deben tener un permiso de excavación como el mostrado en el Anexo III.1. El Requisidor debe completar la forma de permiso indicando el área a ser excavada incluyendo profundidad que se especifica, localización y fecha en que se espera iniciar la excavación.

## PERMISO DE EXCAVACIÓN DEL SITIO

NÚMERO CONSECUTIVO:		FECHA:
Nº. DE PROYECTO:		NOMBRE DEL PROYECTO:
NOMBRE DEL SOLICITANTE:		DISCIPLINA:
FECHA DE TERMINACIÓN REG.:		
Nº. DE DOCUMENTO DE REF.	REV. NO.	OBSERVACIONES
LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA EXCAVACIÓN REQUERIDA:		
PRECAUCIONES / PUNTOS PENDIENTES:		
EXCAVACIÓN EN ESPERA / SE REQUIERE SENALIZAR:		<input type="checkbox"/> SI
<input type="checkbox"/> NO		
	NOMBRE	FECHA
REVISIÓN POR DISCIPLINA ANTES DE EXCAVAR:		
ELECTRICO		
TUBERÍA		
CIVIL		
SEGURIDAD		
TOPOGRAFÍA		
APROBACIONES DESPUES DE EXCAVAR		
EXCAVACIÓN COMPLETA (1)		
EXCAVACIÓN CERRADA		
(1) MATERIALES, DOCUMENTOS O COMPONENTES ENCONTRADOS DURANTE LA EXCAVACIÓN:		
PERMISO CERRADO POR:		FECHA:

Anexo III.1

---

En la fotografía III.1 Se realizan trabajos de excavación para la cimentación del ACC.



Fotografía III.1

En la fotografía III.2 Ya hay zapatas coladas y continua la excavación de la cimentación del ACC.



Fotografía III.2

---

En la fotografía III.3 Se ve excavación y relleno en ductos para la instalación eléctrica en ACC.



Fotografía III.3

En la fotografía III.4 Se ve excavación del lado oeste del (HRSG).



Fotografía III.4

---

En la fotografía III.5 Se trabaja en la excavación del edificio de la turbina de Vapor.



Fotografía III.5

En la fotografía III.6 Se ven trabajos de relleno y compactación en el área de los hrsg.



Fotografía III.6

---

En la fotografía III.7 Se ven trabajos de relleno en tuberías y el área de CTG.



Fotografía III.7

---

### III.2.- CIMBRA

Que es la cimbra. La cimbra consta de estructuras temporales utilizadas en la construcción para apoyar una expansión o estructuras arqueadas con el fin de mantener el componente en su lugar hasta que su construcción sea lo suficientemente avanzada para mantenerse.

Durante el proceso de construir arcos y bóvedas se utilizan para sujetar las dovelas hasta el momento de su terminación, cuando se pone la clave. También se denomina cimbra a la curvatura interior (o intradós) de un arco o de una bóveda. En la construcción y diseño de arcos se suele evitar su uso debido al encarecimiento que supone su construcción. Generalmente se encarga a carpintero especializados.

En algunos países de la América hispanohablante también se utiliza el término *cimbra* para designar a los encofrados, por la semejanza de funciones con estos y, especialmente, cuando se trata estructuras auxiliares de grandes arcos de hormigón en puentes.

Tipos de cimbra:

- *Cimbra corrediza*. La que se corre cambiándola de sitio.
- *Cimbra de parhiller*. La que se usa en las galerías de minas.
- *Cimbra de tendido*. La empleada en las galerías de mina formada por una camada horizontal de estemples sobre los cuales se colocan rollizos y escombros.
- *Cimbra fija*. La que tiene uno o más apoyos en el espacio o clavo que hay entre los estribos o pilas de la bóveda.
- *Cimbra mixta*. La que siendo en su forma o armazón general recogida, recibe luego los puntos de apoyo intermedios a los estribos como las fijas.

- 
- *Cimbra peraltada*. Aquella cuyo eje es superior a la mitad de la cuerda del arco que la forma.
  - *Cimbra rebajada*. Aquella en que la altura del eje es menor que la mitad de la cuerda del arco.
  - *Cimbra flexible o recogida*. La que no tiene apoyo alguno intermedio y solo va a apoyada en las fábricas de los estribos o pilas.

El cimbra también incluye el apoyo a las estructuras temporales de encofrado, utilizado para moldes de concreto y encontrar la forma deseada de andamios para que los trabajadores tengan acceso a la estructura en construcción. Se define la cimbra como: Cualquier estructura temporal que se utiliza para soportar una estructura permanente, si bien no es autosuficiente. Hasta la vuelta del siglo XX, casi todos las cimbras se construyeron de madera.

¿Qué material es utilizado para elaborar las cimbras? Los moldes de madera son los más utilizados por su economía, facilidad de manejo, etc. Generalmente se emplea la madera de pino ; sólo en caso de que en la región se encuentre otra madera más barata, se ocupa ésta. Para usar la madera, antes de colocarla en su lugar se unta con aceite quemado o diesel o aún mejor con un aditivo desmoldante, a fin de que el concreto no se adhiera a la cimbra. Además, antes de vaciar el concreto se moja la cimbra para que esta no deshidrate el concreto y altere su resistencia, además provoca que se hinche la madera, tapando las juntas entre tabla y tabla, se debe calafatear las separaciones muy grandes para que el concreto no escape por allí, el calafateo se hace con papel kraft, proveniente de los sacos de cemento. Existen básicamente dos tipos de cimbras: la común y la aparente. La cimbra común se ocupa cuando el elemento será recubierto, para esto se emplean tablas de unos 10 cm de grueso, sin prestar demasiada importancia en la terminación y las juntas de las tablas.

---

La cimbra aparente se usa cuando el elemento de concreto quedará visible. Generalmente se hace de duela, cepillando una cara y dos cantos, y poniendo mucho cuidado en la terminación y las juntas de las tablas o de cimbraplay. Este tipo de cimbras tienen una vida útil muy corta. Tarimas hechas de madera, de 50 X 100 cm. para losas, permiten mayor rapidez para su colocación y pueden utilizarse más veces.

Cimbras especiales. Pueden quedar comprendidas dentro este grupo aquellas cimbras que se ejecutan para colar formas que se apartan por completo de las anteriores descritas, tales como arcos, bóvedas y superficies cuyas diversas características. Para muchas de ellas el trabajo de moldeado es probablemente más importante que el trabajo de colocado y el proyecto de las mismas debe hacerse estudiando perfectamente todos los detalles. En general tiene un costo sumamente elevado, dado que se necesita usar verdaderos carpinteros especializados en este tipo de trabajo.

Cimbras rodantes. Cuando tiene que efectuarse en una obra el colado de una serie de elementos iguales, tanto como en sección como en longitud, se utilizan comúnmente las cimbras de tipo rodante. La cimbra rodante es muy útil en la ejecución de trabajos en los que se va a repetir muchas veces el mismo elemento estructural. En todos ellos, en lugar de cimbrar toda la superficie a cubrir se construye únicamente una sección, la cual es montada sobre camiones, carros o estructuras horizontales, formadas generalmente por vigas y polines que quedan apoyadas en tubos o ruedas, permitiendo así deslizarse y colocarla en el claro siguiente y siguiendo este sistema de juegos de cuñas o cualquier otro dispositivo similar de colocar el molde en su posición definitiva antes de efectuar el colado. Una vez hecho el colado, se retira permitiendo que la superficie interior sea pasada al claro siguiente para proseguir en esta forma al colado de la superficie.

---

Cimbras deslizantes. Estas cimbras tienen su mejor exponente en la cimbra utilizada para la construcción de chimeneas, para lo cual se habilita un juego completo de cimbras de aproximadamente 1.5 m de altura para todo el perímetro, se efectúa el colado continuo sostenido y elevando la cimbra por medios gatos de tornillos ya sea manuales o eléctricos los cuales se apoyan barras de acero duro empotrados en la cimentación y quedan unidos en la cimbra por medio de puentes convenientemente colados. Esta cimbra adopta una sección triangular truncada, siendo más ancha en su parte inferior con objeto de evitar que se pegue al colado.

Cimbra metálica. Está constituida por paneles de lámina modulados y estandarizados, susceptible de adaptarse a todos los elementos estructurales del concreto. El acabado que toman las piezas coladas por este procedimiento es perfecto en su apariencia, siempre y cuando el concreto esté bien vibrado.

Ventajas de la cimbra metálica:

A) eliminación de pérdidas y extravió; B) ahorro de mano de obra y tiempo de los procesos de cimbrados y descimbrados; C) no necesita mano de obra especializada; D) no absorbe agua y por lo tanto no deshidrata al concreto; E) la superficie de contacto con la cimbra garantiza acabados aparentes de mejor calidad

Cimbra de madera de pino. Uno de los materiales más utilizados en la industria de la construcción es la madera de pino, con la cual se elaboran la gran mayoría de moldes ó cimbras, con los que podemos darle la forma que necesitamos a los elementos estructurales elaborados con concreto, por lo tanto la cimbra es una estructura provisional que soporta el concreto mientras se está fraguando para poder sostenerse posteriormente por sí mismo. La cimbra puede utilizarse en la elaboración de elementos estructurales o arquitectónicos para dar forma al concreto fresco durante el proceso de fraguado. Es por ello que la presencia de este material en cualquier tipo de construcción es imprescindible, por lo que le dedicaremos un espacio para

---

conocer sus principales características y tomarlas en cuenta cuando se elaboren precios unitarios donde ésta intervenga. Entre las características que debemos conocer, independientemente de su capacidad de soportar grandes pesos, es la referente a su precio de adquisición, unidad de medición y sobre todo, como lo aplicaremos en los análisis de precios unitarios.

#### Cimbrado de trabes y losas.

Para el cimbrado de la losa, lo primero que se tiene que hacer es calcular la altura a la que quedara la losa, es conveniente marcar varios puntos. Ya calculada la altura de la losa se pondrán los puntales con polines de 4" x 4" (pulgadas). La distancia entre cada puntal no debe pasar de un metro; hay que clavar los cargadores para que no se caigan los puntales. Abajo del puntal se coloca una rastra y dos cuñas de madera, estas sirven para que no se hunda el puntal y para que se pueda bajar o subir. Luego se amarran los puntales con contraventeos diagonales para que no se mueva la cimbra a la hora del colado. Los contra venteos deben estar clavados firmemente a los puntales. Por último se colocan tablas o tarimas sobre los cargadores. Se debe cuidar que la cimbra quede a un solo nivel y sin huecos. La cimbra la hace un carpintero de obra negra y se usan clavos galvanizados de cuatro pulgadas y dos y media pulgadas, tarimas y tablonés

Nota: por su seguridad siempre suba a la cimbra con zapatos y no con tenis para evitar accidentes.

#### Descimbrado de trabes y losas

Cuando las losas o trabes están colgadas se debe a una falta de acero o a un mal proporcionamiento del concreto.

En esta construcción se cimbro con el sistema Symons que son la mejor garantía de una operación segura, cuando se utilizan apropiadamente.

---

En la tabla III.2. Se ven los metros cuadrados de cimbra por áreas de la central termoeléctrica

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TURBINA DE GAS (HRSG)	M2	2098
TURBOGENERADOR (CTG)	M2	2339
TUBINA DE VAPOR (STG)	M2	1770
AEROCONDENSADOR (ACC)	M2	1460
PLANTA TRATAMIENTO DE AGUA	M2	1942

Tabla III.2

En fotografía III.8 Se está cimbrando la primera parte de las columnas de la base para la turbina de vapor, por la altura se cimbrara en dos partes, se cuenta con el apoyo de los andamios por ser un trabajo de altura.



Fotografía III.8

---

En fotografía III.9 En el fondo se ven las columnas del pedestal cimbrada la primera parte y en el frente la cimbra de la chimenea.



Fotografía III.9

En fotografía III.10 Se ve parte de la cimbra para la base de la turbina de vapor.



Fotografía III.10

---

En fotografía III.11 Se ve la cimbra para la cimentación de la turbina de gas (HRSG).



Fotografía III.11

En la fotografía III.12 Es de la cimentación para los pedestales del turbogenerador (CTG).



Fotografía III.12

---

La fotografía III.13 Muestra la cimbra del pedestal del turbogenerador (CTG)



Fotografía III.13

---

### III.3.- ACERO.

El acero de refuerzo, también llamado ferralla, es un importante material para la industria de la construcción utilizado para el refuerzo de estructuras y demás obras que requieran de este elemento, de conformidad con los diseños y detalles mostrados en los planos y especificaciones. Por su importancia en las edificaciones, debe estar comprobada y estudiada su calidad. Los productos de acero de refuerzo deben cumplir con ciertas normas que exigen sea verificada su resistencia, ductilidad, dimensiones, y límites físicos o químicos de la materia prima utilizada en su fabricación.

La tabla III.3 tiene las toneladas de acero de refuerzo utilizado en central termoeléctrica.

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>
TURBINA DE GAS (HRSG)	TON	236
TURBOGENARADOR (CTG)	TON	278
TURBIINA DE VAPOR (STG)	TON	286
AEROCONDENSADOR (ACC)	TON	101
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	TON	221

Tabla III.3

---

En la fotografía III.14 Se está armando la cimentación de la turbina de vapor (STG), el diámetro del acero utilizado es de 1"1/4.



Fotografía III.14

En la fotografía III.15 Se están armando las columnas de la turbina de vapor (STG).



Fotografía III.15

---

En la fotografía III.16 Se ven las varillas y se están elevando para el armado de la mesa (base) de la turbina de vapor.



Fotografía III.16

En la fotografía III.17 Se está armando la cimentación de los hrsg.



Fotografía III.17

---

En la fotografía III.18 Se ve el armado de la cimentación de los turbogeneradores.



Fotografía III.18

La fotografía III.19 Muestra el armado de las zapatas del aerocondensador (ACC)



Fotografía III.19

---

### III.4.- CONCRETO

El concreto es un material durable y resistente, pero dado que se trabaja en forma líquida prácticamente puede adquirir cualquier forma esta combinación de características es la razón principal por la que es un material de construcción tan popular para exteriores

En la tabla III.4 Se muestran los metros cúbicos de concreto utilizados en esta central termoeléctrica.

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
TURBINA DE GAS (HRSG)	M3	2341
TURBOGENARADOR (CTG)	M3	2307
TURBIINA DE VAPOR (STG)	M3	2908
AEROCONDENSADOR (ACC)	M3	817
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	M3	2178

Tabla III.4

En el anexo III.2 se ve el permiso de colado el cual deberá llenarse para cada elemento por colar tendrá que autorizarse por los encargados de todas las disciplinas.

## PERMISO PARA COLADO

<b>NÚMERO CONSECUTIVO:</b>		<b>FECHA:</b>
<b>N0. DE PROYECTO:</b>		<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b>
<b>NOMBRE DEL SOLICITANTE:</b>		<b>DÍA DEL COLADO:</b>
<b>IDENTIFICACIÓN:</b>		<b>M3:</b>
<b>UBICACIÓN :</b>		<b>PAQUETE DE TRABAJO:</b>
<b>N0. DE DOCUMENTO DE REF.</b>	<b>REV. NO.</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
<b>FC :</b>		
<b>MÉTODO DE COLADO:</b>		
<b>FORMATO DE COLADO:</b>		
<b>REVISIÓN POR DISCIPLINA ANTES DEL COLADO:</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>FECHA</b>
<b>ELÉCTRICO</b>		
<b>TUBERÍA</b>		
<b>EMBEBIDOS</b>		
<b>CIVIL</b>		
<b><i>SEGURIDAD</i></b>		
<b>TOPOGRAFÍA</b>		
<b>APROBACIONES DESPUÉS DE COLAR</b>		
<b>COMENTARIOS:</b>		
<b>PERMISO CERRADO POR:</b>		<b>FECHA:</b>

Anexo III.2

---

El colado del elemento denominado Stack 1ª comprende la cantidad 147.0M3

Este elemento es parte integral del bloque de fuerza y especial del HRSG 1A, en el esquema anexo se indica la posición de la bomba y procedimiento de llenado de la misma a través de 8 camiones revolvedoras, se anexa también la cartilla de liberación del colado.

El anexo III.3 muestra como se llevara este colado, el cual se hace con el siguiente personal y equipo:

PERSONAL	CANTIDAD
SOBRESTANTE DE CONCRETO	1
CABO DE CONCRETO	1
ALBAÑILES	8
AYUDANTES	2
OPERADORES DE VIBRADOR	2
CARPINTEROS	2
EQUIPO	CANTIDAD
BOMBAS	1
COMPRESORES DE AIRE	2
PIPAS	1
CAMIONES REVOLVEDORAS	8
VIBRADORES	3

Anexo III.3

---

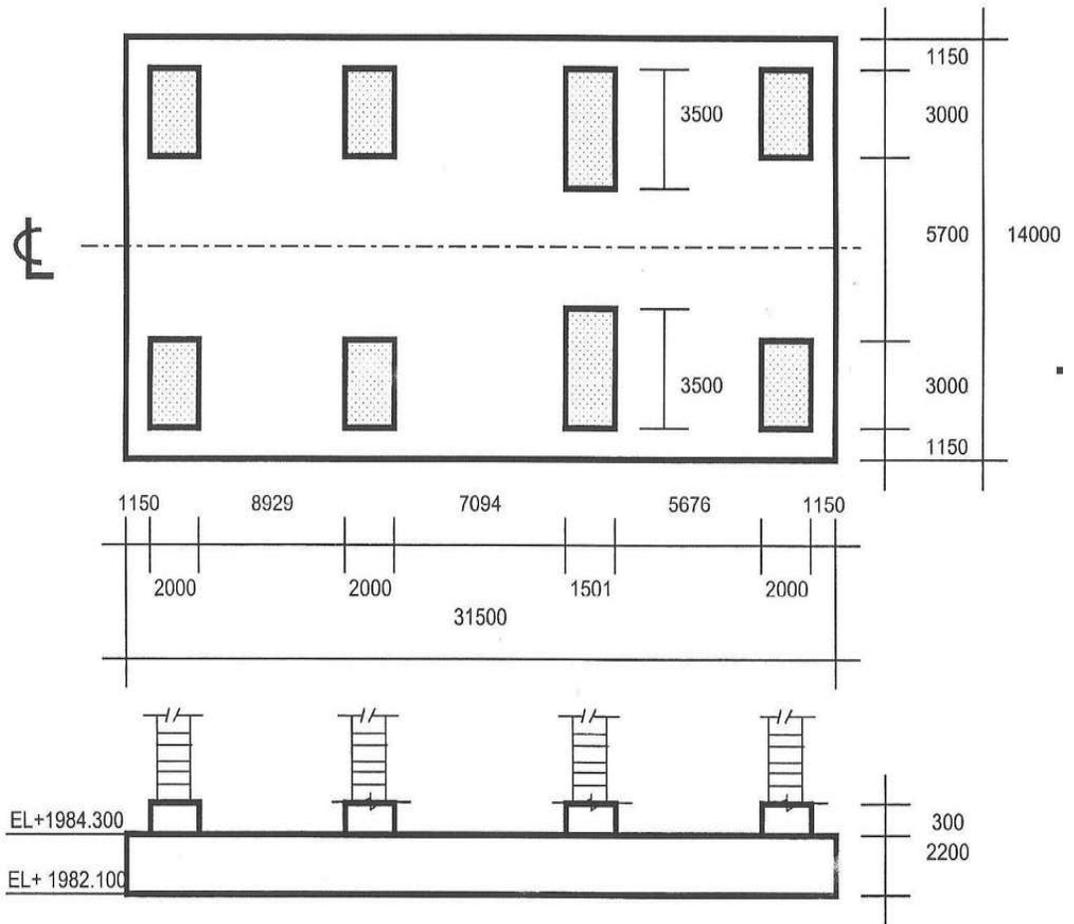
En el colado del elemento denominado HRSG 1C área norte y comprende la cantidad 163.0 M3 este elemento es parte integral del bloque de fuerza.

En el esquema anexo III.4 se indica la posición de las bombas y su procedimiento de llenado de la misma a través de 10 camiones. Por otra parte se anexa también la cartilla de liberación del colado, el cual se hace con el siguiente personal y equipo:

PERSONAL	CANTIDAD
SOBRESTANTE DE CONCRETO	1
TRABAJADORES DE CONCRETO	10
AYUDANTES DE CONCRETO	5
OPERADORES DE VIBRADOR	2
EQUIPO	CANTIDAD
BOMBAS	2
COMPRESORES DE AIRE	2
PIPAS	1
CAMIONES REVOLVEDORAS	10
VIBRADORES	2

Anexo III.4

La figura III.1 muestra los espesores de la base de cimentación y columnas de la turbina de vapor



Volumen de concreto		
$31.50 \times 14.00 \times 2.20$	=	970.20 M3
$2.00 \times 3.00 \times 0.30 \times 6$	=	10.80 M3
$1.501 \times 3.50 \times 0.30 \times 2$	=	3.15 M3
<b>TOTAL</b>	=	<b>984.15 M3</b>

Figura III.1

La figura III.2 muestra el proceso de colado de la cimentación de la turbina de vapor

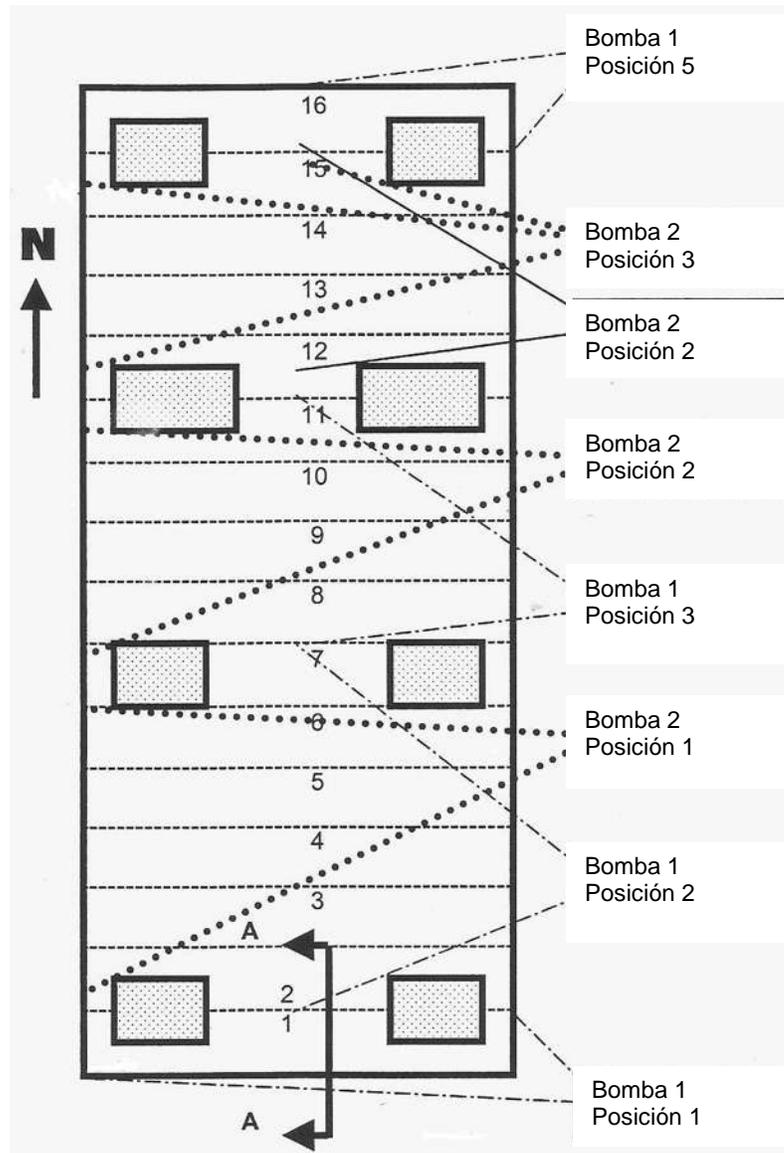
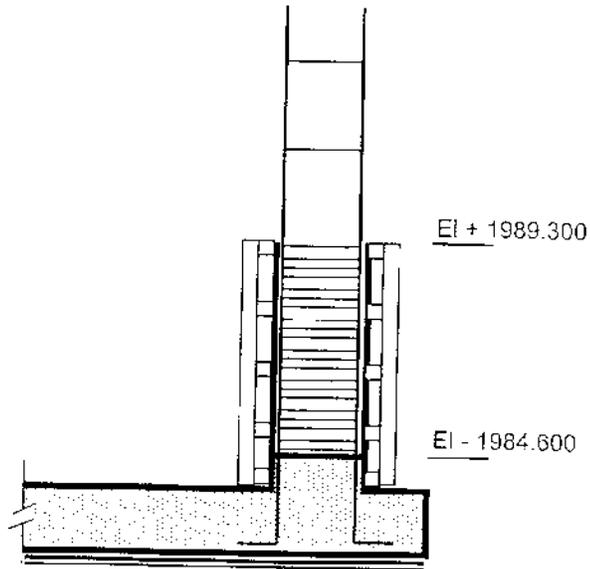


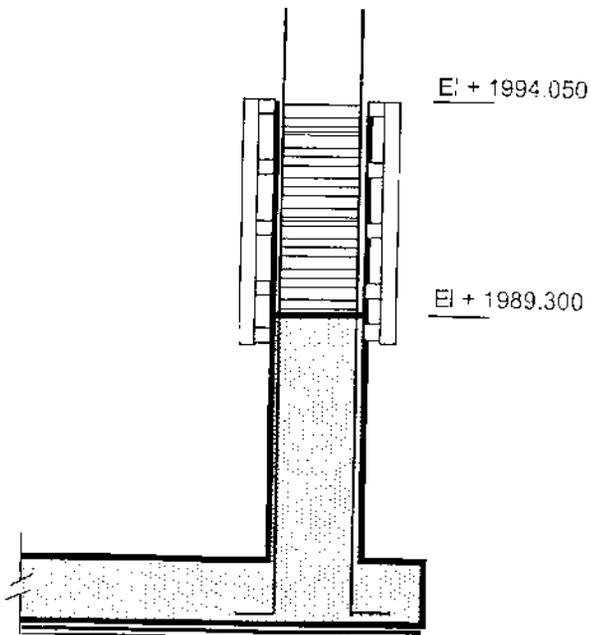
Figura III.2

La figura III.3 muestra las etapas de colado de las columnas para la base de la turbina de vapor.



#### ETAPA UNO

- Colado de columna parte inferior de medidas: 4.70 m altura, ancho de columna 2m, largo de la columna 3 m. Colado=  $4.70 \times 2 \times 3 = 28.2 \text{ m}^3$
- Se hacen aperturas a cada lado de la columna a cada 1.20 m, para el vibrado del concreto.



#### ETAPA DOS

- Colado de columna parte superior de medidas: 4.75 m altura, ancho de columna 2m, largo de la columna 3 m. Colado=  $4.75 \times 2 \times 3 = 28.5 \text{ m}^3$
- Se hacen aperturas a cada lado de la columna a cada 1.20 m, para el vibrado del concreto.

Figura III.3

La figura III.4 muestra el espesor y volumen de concreto de la mesa de la turbina de vapor

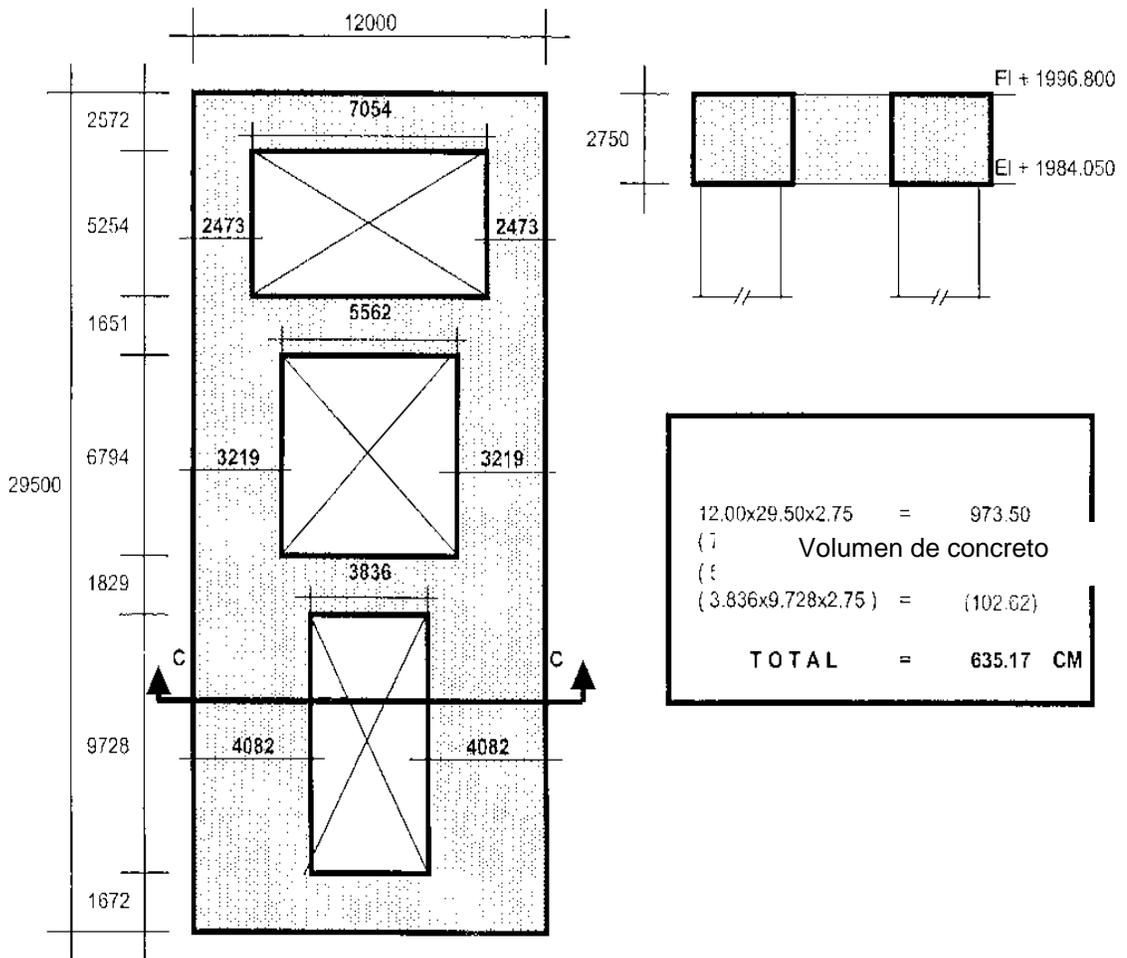


Figura III.4

La figura III.5 muestra la posición de colado de la base de la turbina de vapor.

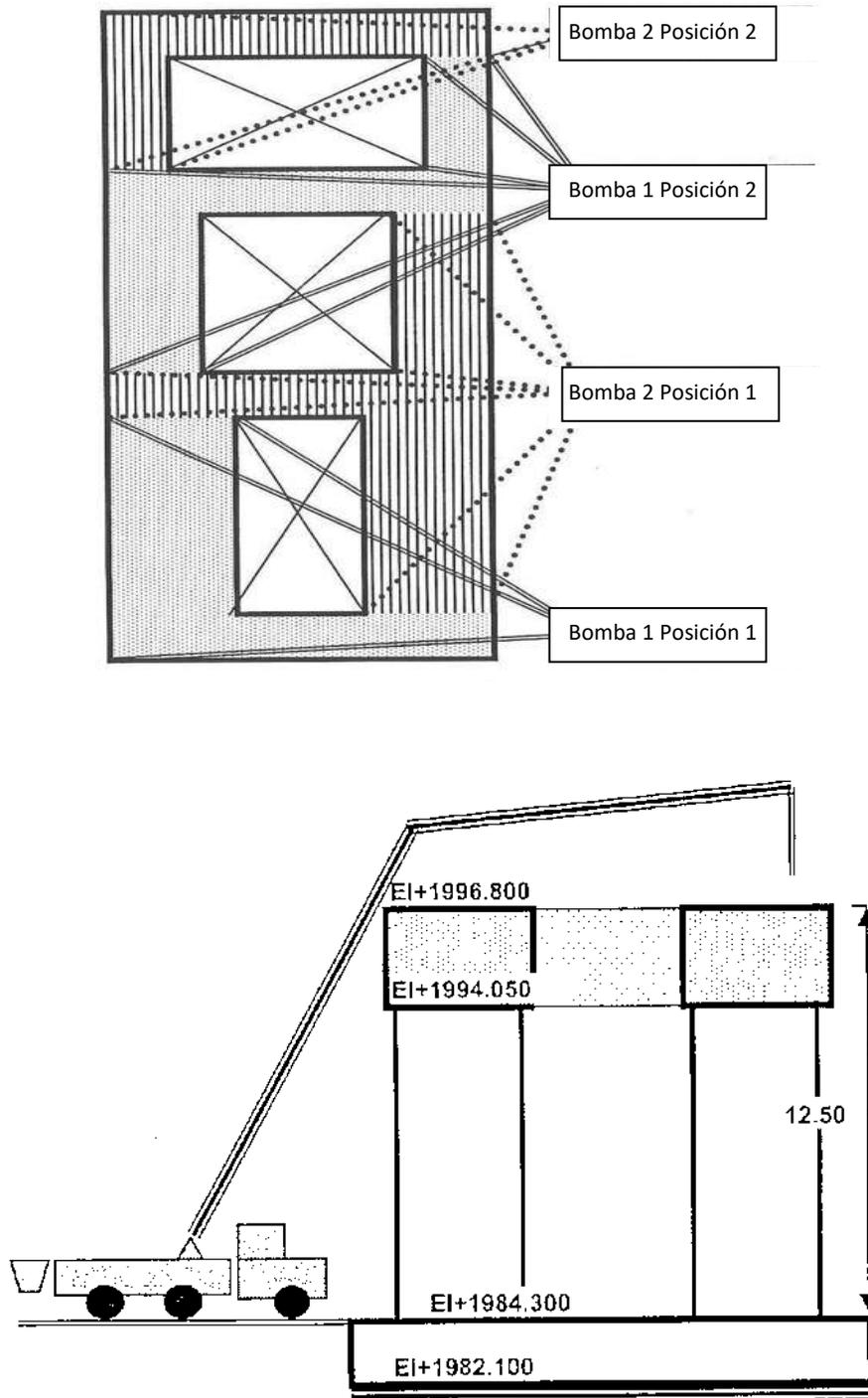


Figura III.5

---

La fotografía III.20 Se está colando la primera parte de las columnas de la turbina de vapor



Fotografía III.20

La fotografía III.21 Ya tiene la primera parte de las columnas coladas y se prepara la segunda etapa.



Fotografía III.21

---

En la fotografía III.22 Ya se está colando la segunda parte de las columnas de la turbina de vapor.



Fotografía III.22

La fotografía III.23 Ya se ve el colado de la base de la turbina de vapor.



Fotografía III.23

---

La fotografía III.24 Ya se ve terminado la estructura de concreto para la turbina de vapor.



Fotografía III.24

En la fotografía III.25 Se están colando los pedestales del generador del (CTG)



Fotografía III.25

---

### III.5.- EMBEBIDOS.

En la tabla III.5 se indican las cantidades en kilos de los embebidos.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
TURBINA DE GAS (HRSG)	KG	11297
TURBOGENARADOR (CTG)	KG	18553
TURBIINA DE VAPOR (STG)	KG	12793
AEROCONDENSADOR (ACC)	KG	2355
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA	KG	6812

Tabla III.5

En la fotografía III.26 Se ven los elementos de la chimenea 1ª. (anclas y base)



Fotografía III.26

---

En la fotografía III.27 Se ven las placas en el pedestal del generador.



Fotografía III.27

En la fotografía III.28 Se nivelan las placas del pedestal del generador.



Fotografía III.28

---

En la fotografía III.29 Se ven los embebidos de la turbina de vapor.



Fotografía III.29

---

## CAPÍTULO IV.- SEGURIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN

En México según estadísticas del Instituto Mexicano del Seguro Social, en los últimos 15 años se han presentado en promedio más de 600,000 accidentes cada año, con un costo anual por solo atención médica de más de dos millones de pesos, a eso se le tendría que agregar los daños materiales, la incapacidad temporal o permanente de las personas.

### LA SEGURIDAD ES UN TEMA DE VITAL IMPORTANCIA

Hay sistemas de prevención de riesgo como:

- **Caja de herramientas**
- **Análisis previo a la tarea:** esto es entender la tarea que se va a realizar; como, quienes, cuando, donde y que se necesita para elaborarla.
- **Análisis de riesgo:** esto es analizar los probables riesgos que pueden presentarse durante el desarrollo de trabajo.
- **Sistema amigo o compartir experiencias:** Consiste en compartir experiencias de otros trabajos así como adquirir el compromiso de aprender y aplicar las experiencias que nos comparten.

Equipo de Protección Personal en la Construcción.

Protección Para los Ojos y la Cara.

- Las gafas de seguridad o caretas se usan siempre que las operaciones en el trabajo puedan causar que objetos extraños entren a los ojos. Por ejemplo, cuando se esté soldando, cortando, puliendo, clavando (o cuando se esté trabajando con concreto y/o químicos peligrosos o expuesto a partículas que vuelan). Utilícelos cuando esté expuesto a

---

cualquier riesgo eléctrico, incluyendo el trabajar en sistemas eléctricos energizados (vivos).

- Protectores para ojos y cara - se seleccionan en base a los riesgos anticipados.

#### Protección para los Pies

- Los trabajadores de la construcción deben utilizar zapatos o botas de trabajo con suelas resistentes a resbalones y perforaciones.
- El calzado con punta de metal es usado para prevenir que los dedos de los pies queden aplastados cuando se trabaja alrededor de equipo pesado u objetos que caen.

#### Protección para las Manos

- Los guantes deben ajustar cómodamente.
- Los trabajadores deben usar los guantes correctos para el trabajo que van a hacer (ejemplos: guantes de goma de alta resistencia para trabajos con concreto, guantes de soldar para soldaduras, guantes y mangas con aislamiento cuando se esté expuesto a riesgos eléctricos).

#### Protección para la Cabeza

- Use cascos de seguridad donde haya potencial de que objetos caigan desde arriba, de golpes en la cabeza por objetos fijos o contacto accidental de la cabeza con riesgos eléctricos.
- Cascos de seguridad - inspecciónelos rutinariamente para detectar abolladuras, grietas o deterioro. Reemplácelos después de que hayan

---

recibido un golpe fuerte o descarga eléctrica. Manténgalos en buenas condiciones.

### **Protección para los Oídos**

- Use tapones para oídos/orejeras en áreas de trabajo de alto ruido donde se usen sierras de cadena o equipo pesado. Limpie o reemplace los tapones para oídos regularmente.

### **EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

El equipo básico que se debe tener consiste en casco, botas, lentes y guantes. Este equipo es de uso obligatorio para todas las personas que trabajan en construcción. Está diseñado para protegerlos de los accidentes que puedan ocurrir durante la jornada de trabajo.

- **Casco:** es de plástico resistente y su función es proteger la cabeza, rostro y cuello de objetos que pueden caernos encima. No deben perforarse ya que esto debilitaría el material del que está hecho.
- **Botas de seguridad:** deben ser de cuero con suela de goma y punta de acero, para proteger los pies de lesiones que pueden ocurrir por pisar clavos y por la caída de objetos; las suelas antideslizantes evitan resbalones.
- **Lentes de seguridad:** evitan que ingresen partículas o polvo a los ojos.
- **Guantes:** protegen las manos de astillas y cortes al manipular materiales como cemento, cal, madera, fierro, etc.

La figura IV. 1 Se aprecia el equipo de protección personal

---

## EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL



Figura IV. 1

El equipo de protección personal que se debe tener consiste en casco, botas, lentes y guantes.

## 10 REGLAS DE ORO EN PREVENCIÓN.

1. Siga las instrucciones, si no sabe consulte.
2. Reconozca, evalúe y controle los riesgos.
3. Cumpla las normas y procedimientos.
4. Use siempre su equipo de protección personal.
5. Mantenga orden y aseo en su área de trabajo.
6. Use las herramientas, equipos y materiales adecuados.
7. Informe oportunamente condiciones inseguras.
8. Respete y utilice las señalizaciones de seguridad.
9. Realice sus labores con atención no se distraiga.
10. Comparta su experiencia y sea solidario con su grupo de trabajo.

---

## SIETE CAUSAS DE ACCIDENTES.

**TOMAR ATAJOS.** No debes tomar atajos o caminos cortos para realizar tu trabajo, y dejar a un lado la prevención o practicas de prevención para lograr más avance.

**EXCESO DE CONFIANZA.** La confianza en uno mismo es una buena cosa, pero la sobre confianza es mala.

**ORDENES INCOMPLETAS.** Cuando alguien va a realizar un trabajo, este debe de ser bien explicado y bien entendido por ambas partes y no deben faltar instrucciones o detalles para la ejecución.

**FALTA DE LIMPIEZA.** Un lugar de trabajo sucio y desordenado es un lugar inseguro y propio para lesionarse. El orden y la limpieza van de la mano con la seguridad de los trabajadores.

**IGNORAR LOS PROCEDIMIENTOS.** Otra causa importante es el conocer los procedimientos y aplicarlos, el ignorarlos es causa de lesiones; un proyecto seguro es un proyecto que cumple con los procedimientos.

**LA DISTRACCIÓN.** En el trabajo el pensar antes de efectuar cualquier trabajo y el concentrarse en lo que se está haciendo ayuda en gran parte a la prevención de lesiones.

**ANÁLISIS PREVIO.** Analizar lo que se va a realizar reduce mucho los posibles accidentes, usa la filosofía “cero accidentes”.

---

## BARRICADAS.

En las excavaciones, equipos frágiles, energizados o áreas restringidas se les colocan las barricadas, estas consisten en bandas o mallas de plástico y nadie debe pasar sin autorización. Se pueden identificar con el procedimiento siguiente:

Malla plástica naranja para señalar excavaciones.

Cinta plástica amarilla para señalar precaución.

Cinta plástica roja señala peligro de muerte.

En la fotografía IV.1 Se da el ejemplo de barricada y puente para un cruce seguro.



Fotografía IV.1

---

En la fotografía IV.2 Se ve una protección con malla naranja plástica.



Fotografía IV.2

En la fotografía IV.3 Se ve una protección, con tapones sobre la punta de las varillas.



Fotografía IV.3

---

En la fotografía IV.4 Está colocada cinta roja, dentro del perímetro están las personas que participan en esta maniobra.



Fotografía IV.4

La causa número 1 de muerte en obras de construcción son las caídas. En 2012, las caídas representaron 278 de las 775 muertes totales en la industria de la construcción. Las estadísticas dicen que ocurre una muerte de cada tres accidentes.

#### TRABAJOS EN ALTURA.

Para todo trabajo en altura es obligatorio usar el cinturón de seguridad tipo arnés con dos líneas de vida y el amortiguador o desacelerador, sujeto a un punto fijo.

Cuando existen trabajos en andamios sin escaleras, se utilizará la línea vertical y el uso de herraje para proteger caídas.

---

En la fotografía IV.5 Se está trabajando sobre andamios autorizados todos con arnés.



Fotografía IV.5

En la fotografía IV.6 Se trabaja sobre una escalera debidamente asegurada, tiene su equipo de seguridad completo.



Fotografía IV.6

---

## MANEJO DE MATERIALES.

Solo los contenedores y tanques aprobados podrán ser usados para almacenar y transportar líquidos inflamables y combustibles

En la fotografía IV.7 Se muestra la forma de almacenar y manejar materiales peligrosos.



Fotografía IV.7

---

## ***CAPÍTULO V.- CONCLUSIONES.***

La central termoeléctrica se construyó en el municipio de San Luis de la Paz, en la carretera 57 México - Monterrey, esta vía comunica la capital del país con el norte, al construirse la central se inicia a sus alrededores un corredor industrial por lo que la energía generada será utilizada para uso industrial y doméstico, durante su construcción se utilizó mano de obra de esta localidad y de municipios colindantes ayudando a la economía local, la mayoría de trabajadores son foráneos por lo que beneficia a la población en comercio y hospedajes, la planta tiene una capacidad de 600000 kw por hora en promedio alcanza para 40 millones de casas, generando que se establezcan más industrias y se creen empleos, por la gran demanda de energía que se requiere y tomando en cuenta la ubicación, se establecen más industrias por lo que la planta se amplió, construyéndose otras turbinas con su aerocondensador para generarse más electricidad, la propuesta de la empresa que construye esta central es cuidar al máximo la seguridad por lo que se trabajó con las normas de seguridad industrial, para evitar los accidentes que son muy frecuentes, a los trabajadores se les inculca que el objetivo es cero accidentes, y exige trabajar con herramienta y equipo de seguridad, ya generando electricidad esta planta sigue empleando trabajadores locales ya sean eventuales o de tiempo completo.

---

## **BIBLIOGRAFÍA**

BECHTEL (1999) Criterios de diseño para la central termoeléctrica 08 de octubre de 1999.

BECHTEL (2000) Administración Moderna de los Riesgos de Trabajo 10 abril de 2000.

BECHTEL (2001) Una actitud segura platica de prevención 04 de septiembre del 2001.

BECHTEL (2002) Siete causas de accidentes platica de prevención 19 de febrero del 2002.

Energía eléctrica en México, 15 de febrero de 2016

[https://es.wikipedia.org/wiki/Energía\\_eléctrica\\_en\\_México](https://es.wikipedia.org/wiki/Energía_eléctrica_en_México)

CFE (2014) CFE y la electricidad en México, 10 de noviembre de 2014

CICLOS COMBINAOS (S.F.) Calderas HRSG- Plantas de Ciclo Combinado

[http://opex-energy.com/ciclos/calderas\\_hrsq.html](http://opex-energy.com/ciclos/calderas_hrsq.html)

Calderas HRSG – Plantas de Ciclo Combinado.12 de agosto de 2017

[http://opex-energy.com/ciclos/calderas\\_hrsq.html](http://opex-energy.com/ciclos/calderas_hrsq.html)

Turbina de vapor 16 de septiembre de 2017

[https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina\\_de\\_vapor](https://es.wikipedia.org/wiki/Turbina_de_vapor)